

31.5.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

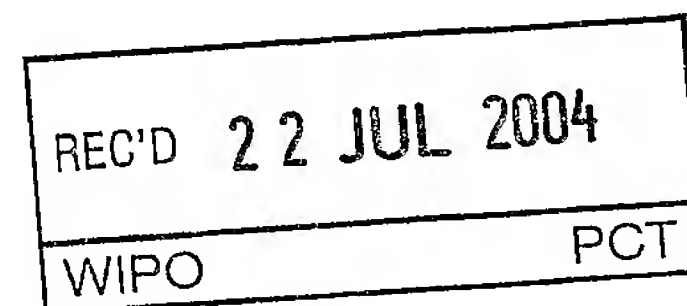
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 3月16日  
Date of Application:

出願番号 特願2004-073675  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2004-073675]

出願人 石川島播磨重工業株式会社  
Applicant(s):

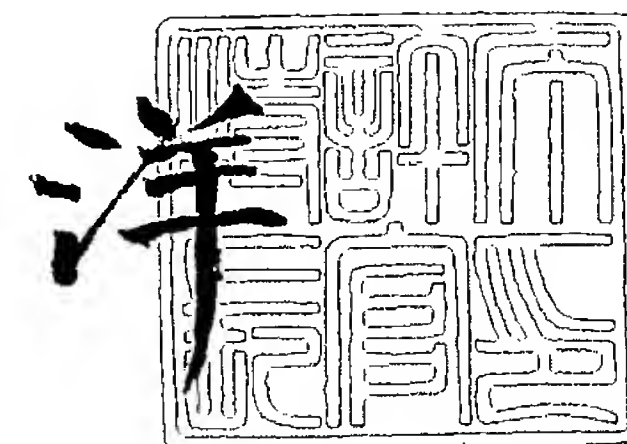


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 04P00082  
【提出日】 平成16年 3月16日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 石川島播磨重工業株式会  
社内  
    【氏名】 渡辺 智行  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 石川島播磨重工業株式会  
社内  
    【氏名】 芳之内 淳  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000000099  
    【氏名又は名称】 石川島播磨重工業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100097515  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 2 6 番 2 0 号 建築会館 4 階 アサ国際特許  
事務所  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 堀田 実  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 027018  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0113415

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に、該素子への水分の浸入を防止する酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、

この酸化防止層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより酸化して膨張し得る膨張層を成膜する第 2 成膜工程と、

この膨張層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより流動化し得る絶縁膜を成膜する第 3 成膜工程と、

酸化防止層、膨張層及び絶縁膜が成膜された前記半導体基板を酸化雰囲気中で熱処理し、絶縁膜を流動化させるとともに膨張層を酸化させて膨張させることにより、絶縁膜中に生じた気泡を消滅させる膨張工程とを含む、ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 2】**

前記膨張層は、ポリシリコン、アモルファスシリコン又はシリサイドからなる、ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 3】**

前記膨張層は、アルミニウムもしくはタンタル又はこれらの合金からなる、ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 4】**

前記絶縁膜は、リン、ヒ素、ボロン、フッ素及びハロゲン化物のうち少なくとも一種類を含有するシリコン酸化膜である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 5】**

半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に、該素子への水分の浸入を防止する酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、

この酸化防止層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより酸化して膨張、流動化し得るとともに絶縁性をもつ膨張流動層を成膜する第 2 成膜工程と、

酸化防止層及び膨張流動層が成膜された前記半導体基板を酸化雰囲気中で熱処理し、膨張流動層を酸化させて膨張させるとともに流動化させることにより、膨張流動層中に生じた気泡又は膨張流動層に生じた開気孔を消滅させる膨張工程とを含む、ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 6】**

前記膨張流動層は、ボロン、リン及びフッ素のうち少なくとも一種類を含有するポリシリコン又はアモルファスシリコンからなる、ことを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 7】**

前記酸化防止層はシリコン窒化膜からなる、ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 8】**

前記膨張工程における酸化雰囲気の圧力は大気圧以上であり、かつ、熱処理温度は 4 0 0℃乃至 8 0 0℃である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、半導体基板（ウエハ）の上に絶縁膜を備えた半導体装置の製造方法に関する。更に詳しくは、上記絶縁膜中に生ずるボイド（気泡）や絶縁膜の埋め込みが不十分であるために生ずる開気孔を完全に消滅させることができる半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

例えば、半導体装置の製造工程においてMOSFETのゲート電極が半導体基板の上に突出して形成されることによりそれらに隣接するゲート電極間に凹部ができゲート電極とそれらのゲート電極間とによって凹凸・段差（トレンチ）ができる。この段差が大きくなると、露光により配線パターンを描画する際の焦点ずれが生じたり、配線を交差して形成する場合に交差部のラップ部分が薄くなり断線の原因となったりするなど、半導体装置の欠陥につながるような問題が発生する。このため、このような段差を解消する方法として、段差に化学的気相成長法（CVD）によりBP SG膜やP SG膜等の層間絶縁膜を成膜した上で、この層間絶縁膜の表面を何らかの方法で平坦化することが行われる。

【0 0 0 3】

ところで、近年、半導体装置の高集積化、大容量化に伴う微細化、高密度化が進むにつれ構造のアスペクト比（構造物の横方向寸法に対する深さ方向寸法の比）が高くなり、製作工程において構造の段差が大きくなる傾向にある。そのため、上述した層間絶縁膜の成膜に際して、絶縁膜中にボイド（気泡）が発生する確率が高くなってきており、また、トレンチへの絶縁膜の成膜の不均一や成膜量不足（成膜不良）により絶縁膜に開気孔が生ずる場合もある。図9は、従来の半導体装置の製造過程における半導体装置の断面形状を示すものであり、図9（a）は半導体基板50上の素子により形成された凹凸51の上に成膜された層間絶縁膜52中にボイド53を生じた場合を示し、図9（b）は層間絶縁膜52に開気孔54を生じた場合を示している。なお、図9において、符号55はバリアー層である。

【0 0 0 4】

従来、層間絶縁膜を成膜した半導体基板を、常圧（0.1 MPa）の不活性ガス雰囲気中で900℃の温度で熱処理するか、又は、常圧の酸素又は水蒸気雰囲気中で900℃より若干低い温度で熱処理することにより、絶縁膜を流動化（リフロー）させることにより平坦化が行われており、このリフロー処理により絶縁膜中に生じたボイドや開気孔も消滅させていた。これに関連する先行技術として、下記特許文献1及び2が開示されている。

【0 0 0 5】

特許文献1の「半導体装置の絶縁膜の平坦化方法」は、半導体装置のBP SG膜を比較的低温、短時間で効果的にリフローすることを目的とし、半導体装置の基板上の凹凸面上に形成された絶縁膜を熱フローにより平坦化する方法において、熱フローを酸素又は、水蒸気を含む雰囲気中において3 atm以上の圧力下で行うものである。そして、この方法により、絶縁膜に拡散する酸素量及びその拡散速度が増大し、従来に比し低温でかつ短時間でBP SG膜の良好なリフローを実現している。

【0 0 0 6】

特許文献2の「半導体装置の製造方法」は、低温処理により十分な平坦性を得ることを目的とし、半導体基板上の素子を形成し、この素子上にシリコン窒化膜を形成し、この上にホウ素とリンを含むBP SG膜を形成し、更にその上に塗布法によりホウ素もしくはリンの少なくとも一方を含むSOG膜を形成する。その上で、基板を水蒸気を含む高圧雰囲気中で熱処理を行う。これにより、SOG膜をゲル状化し、外部からの高圧により膜自身に圧力が加えられて平坦化される。

【0 0 0 7】

【特許文献1】 特開平5-67607号広報



【特許文献 2】特開平 1 0 - 2 7 5 8 0 5 号広報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 8】

上述した特許文献 1 の「半導体装置の絶縁膜の平坦化方法」では、従来のリフロー処理温度より低い 8 0 0 °C で熱処理を行うことができ、特許文献 2 の「半導体装置の製造方法」では、リフロー処理温度を 7 0 0 °C 以下にすることができる。また、リフロー処理による絶縁膜の流動化により、絶縁膜中に生じたボイドや開気孔を消滅させることが期待できる。しかしながら、特許文献 1、2 のような 7 0 0 °C ~ 8 0 0 °C の熱処理温度は、微細化レベルの素子特性では悪影響を与える温度であるため、半導体装置の一層の集積化にあたっては熱処理によるダメージ低減のためにさらなる処理温度の低温化が望まれている。また、高い流動性が得られる高温度の処理においてもボイドの発生位置や大きさによりボイドが完全に消滅せずに残留してしまう場合があり、これはデバイスの欠陥原因となり得る。特にボイドの大きさが微小化するに従い、流動時の浮力による効果が低下するため、ボイドが残留する可能性は益々高くなる。また、絶縁膜に開気孔が発生した場合、リフロー処理時には絶縁膜の表面張力により開気孔表面が平坦化されるものの、開気孔が閉じて凹凸（溝）が埋め込まれることはなかった。

【0 0 0 9】

本発明は上述した問題を解決するために創案されたものである。すなわち本発明の目的は、従来よりも低い熱処理温度で、かつ、完全に層間絶縁膜のボイドを消滅させることができ、さらに、層間絶縁膜に生じた開気孔を埋め込むことができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 0】

上記目的を達成するため、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に、該素子への水分の浸入を防止する酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、この酸化防止層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより酸化して膨張し得る膨張層を成膜する第 2 成膜工程と、この膨張層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより流動化し得る絶縁膜を成膜する第 3 成膜工程と、酸化防止層、膨張層及び絶縁膜が成膜された前記半導体基板を酸化雰囲気中で熱処理し、絶縁膜を流動化させるとともに膨張層を酸化させて膨張させることにより、絶縁膜中に生じた気泡を消滅させる膨張工程とを含む、ことを特徴としている（請求項 1）。

【0 0 1 1】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記膨張層は、ポリシリコン、アモルファスシリコン又はシリサイドからなる（請求項 2）。

【0 0 1 2】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記膨張層は、アルミニウムもしくはタンタル又はこれらの合金からなる（請求項 3）。

【0 0 1 3】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記絶縁膜は、リン、ヒ素、ボロン、フッ素及びハロゲン化物のうち少なくとも一種類を含有するシリコン酸化膜である（請求項 4）。

【0 0 1 4】

また、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に、該素子への水分の浸入を防止する酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、この酸化防止層の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより酸化して膨張、流動化し得るとともに絶縁性をもつ膨張流動層を成膜する第 2 成膜工程と、酸化防止層及び膨張流動層が成膜された前記半導体基板を酸化雰囲気中で熱処理し、膨張流動層を酸化させて膨張させるとともに流動化させることにより、膨張流動層中に生じた気泡又は膨張流動層に生じた開気孔を消滅させる膨張工程とを含む、ことを特徴としている（請求項 5）。

## 【0 0 1 5】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記膨張流動層は、ボロン、リン及びフッ素のうち少なくとも一種類を含有するポリシリコン又はアモルファスシリコンからなる（請求項 6）。

## 【0 0 1 6】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記酸化防止層はシリコン窒化膜からなる（請求項 7）。

## 【0 0 1 7】

また、上記本発明の半導体装置の製造方法において、好ましくは、前記膨張工程における酸化雰囲気圧力の圧力は大気圧以上であり、かつ、熱処理温度は 4 0 0 ℃乃至 8 0 0 ℃である。

## 【発明の効果】

## 【0 0 1 8】

本発明の半導体装置の製造方法によれば、半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に酸化防止層を形成し、その上に膨張層を形成し、その上に絶縁膜を形成し、そしてこれらが形成された半導体基板を高圧酸化雰囲気中で熱処理し、絶縁膜を流動化させるとともに膨張層を酸化、膨張させることにより、絶縁膜の流動化を助勢し、これにより絶縁膜中に生じたボイド（気泡）を完全に消滅させることができる。

## 【0 0 1 9】

また、本発明の半導体装置の製造方法によれば、半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に酸化防止層を形成し、その上に膨張流動層を形成し、そしてこれらが形成された半導体装置を高圧酸化雰囲気中で熱処理し、膨張流動層を膨張させるとともに流動化させることにより、膨張流動層中に発生したボイド（気泡）を完全に消滅させることができる。また、膨張流動層の埋め込みが不十分であるために開気孔が生じた場合でも、膨張および流動化の効果により開気孔の埋め込みが行われるため、開気孔を消滅させることができる。

## 【0 0 2 0】

流動効果のみを期待した従来のリフロー処理の場合、ボイドが小さくなるほど流体抵抗が増大するため、処理温度を上げるか、もしくは処理時間を長くする必要があった。しかし、本発明のように膨張層を絶縁膜の流動化を助勢するために用いた場合、熱処理の温度と時間は膨張層の膨張量に依存するため、ボイドが小さくなるほどボイドを消滅させるための膨張層の膨張量が少なくて済むことから、処理温度の低温化又は処理時間の短縮化を図ることができる。また、膨張流動層を膨張、流動させた場合も、熱処理の温度および時間は膨張流動層の膨張量に依存するため、同様に処理温度の低温化又は処理時間の短縮化を図ることができる。

## 【0 0 2 1】

したがって、本発明の半導体装置の製造方法によれば、従来よりも処理温度の低温化を図ることができるとともに、絶縁膜中にボイドや開気孔のない半導体装置を製造することができ、装置の歩留まりを向上させることができるという効果が得られる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0 0 2 2】

以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、各図において、同一部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する。

## 【0 0 2 3】

まず、本発明の第 1 の実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。本発明の第 1 の実施形態による半導体装置の製造方法は、半導体基板上の素子により形成された凹凸の上に、酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、膨張層を成膜する第 2 成膜工程と、絶縁膜を成膜する第 3 成膜工程と、これらが成膜された半導体基板を熱処理し膨張層を膨張させる膨張工程とを含むものである。以下、各工程について説明する。

## 【0 0 2 4】



図1は、本発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を適用する半導体装置の断面形状を示すものである。まず、図1(a)に示すように、半導体基板11上に形成されたゲート絶縁膜やゲート電極等の配線構造物(素子)によりできた凹凸1(トレンチ)に、減圧化学的気相成長法(以下「LPCVD」という。)により第1層として酸化防止層2を成膜する第1成膜工程を実施する。本実施形態では、凹凸1の溝の大きさは幅 $1\mu\text{m}$ 、深さ $2.5\mu\text{m}$ であり、これに $150\text{nm}$ 厚の酸化防止層2を成膜した。この酸化防止層2は、例えばリシコン窒化膜からなり、後工程での処理による水分が素子まで浸入しないようにするための保護膜(バリアー層)として機能する。

#### 【0025】

次に、図1(b)に示すように、第1層である酸化防止層2の上に、第2層としてLPCVDにより、酸化雰囲気中で熱処理することで酸化により膨張し得る膨張層3を成膜する第2成膜工程を実施する。膨張層3の厚さは最終的に後述する絶縁膜4中に生じるであろうボイド幅の2分の1以上となる厚さとなるように形成する。本実施形態では $100\text{nm}$ 厚の膨張層3を成膜した。この膨張層3は、ポリシリコン、アモルファスシリコン又はシリサイドからなる膜であるのが好ましい。また、アルミニウムもしくはタンタル又はこれらの合金からなる膜であってもよい。さらに、膨張層としては上記以外にも、酸化雰囲気中で酸化されて膨張する性質をもつ全ての物質を採用することができる。

#### 【0026】

次に、図1(c)に示すように、第2層である膨張層3の上に、常圧化学的気相成長法(以下「APCVD」という。)により、第3層として絶縁膜4を凹凸が埋まる程度に成膜する第3成膜工程を実施する。この絶縁膜4は、リン、ヒ素、ボロン、フッ素及びハロゲン化物のうち少なくとも一種類を含有するシリコン酸化膜(BPSG膜、PSG膜等)であるのが好ましい。このとき、同図に示すように、絶縁膜4の中にボイド5(気泡)を生じている。

#### 【0027】

次に、上記の第1層から第3層が形成された半導体基板11を酸素又は水蒸気を含む雰囲気(酸化雰囲気)中で熱処理を行い、膨張層3を酸化させて膨張させる膨張工程を実施する。

#### 【0028】

ここで、図2は、ポリシリコン及び単結晶シリコンの酸化膜圧の酸化処理時間依存性を示すものであり、横軸に酸化処理時間[ $\text{min}$ ]をとり、縦軸に酸化膜圧[ $\text{nm}$ ]をとっている。図中、「 $\text{p-Si}$ 」はポリシリコンを示し、「 $\text{c-Si}(100)$ 」は単結晶シリコン(100)を示している。熱処理は、水蒸気を含む雰囲気中で温度及び圧力がそれぞれ $600^\circ\text{C}$ 、 $2\text{MPa}$ の条件下で実施した。この結果から、ポリシリコン、単結晶シリコンともに、酸化処理時間に比例して酸化膜圧は厚くなる傾向があることが分かる。

#### 【0029】

図3は、単結晶シリコンの酸化膜圧の酸化処理温度依存性を示すものであり、横軸に酸化処理時間[ $\text{min}$ ]をとり、縦軸に酸化膜圧[ $\text{nm}$ ]をとっている。図中、「○」、「■」、「▲」はそれぞれ処理温度を示しており、「○」は $600^\circ\text{C}$ 、「■」は $580^\circ\text{C}$ 、「▲」は $550^\circ\text{C}$ を示し、いずれも水蒸気を含む雰囲気中で $2\text{MPa}$ の圧力条件下で熱処理を実施した。この結果から、単結晶シリコンは酸化処理温度に対し指数的に酸化膜圧が厚くなる傾向があることが分かる。

#### 【0030】

図4は、単結晶シリコンの酸化膜圧の酸化圧力依存性を示すものであり、横軸に酸化処理圧力[ $\text{MPa}$ ]をとり、縦軸に酸化速度[ $\text{nm}/\text{min}$ ]をとっている。熱処理は、水蒸気を含む雰囲気中で $600^\circ\text{C}$ の加熱条件下で実施した。この結果から、単結晶シリコンは酸化処理圧力に比例して酸化膜圧が厚くなる傾向があることが分かる。

#### 【0031】

熱処理の一例として、水蒸気を含む雰囲気において $2\text{MPa}$ の圧力条件下、及び $600^\circ\text{C}$ の加熱条件下で熱処理を行ったところ、ポリシリコンの酸化レートは約 $46\text{nm}/\text{Hr}$

、アモルファスシリコンの酸化レートは約 2 4 n m / H r であり、ボイド径が 5 0 n m 程度の場合、膨張層がポリシリコン層であるときは 2 時間程度を要し、膨張層がアモルファスシリコン層であるときは 4 時間程度を要した。

#### 【 0 0 3 2 】

そこで、これらの結果を踏まえ、膨張工程では、酸化雰囲気において大気圧（約 0 . 1 M P a ）以上の圧力条件下で、及び 4 0 0 ° C ~ 8 0 0 ° C の加熱条件下で熱処理を行うことが好ましい。図 4 の結果から、膨張層 3 の酸化速度は処理圧力に比例するため、具体的な処理圧力は、生産性等の観点から実用的な処理時間を下回らないような圧力に設定される。この熱処理により、第 2 層として成膜した膨張層 3 は高圧酸化雰囲気により酸化され、膨張層 3 がポリシリコン層であるときは酸化シリコンに変化し、ポリシリコン層は酸化によって 2 倍程度の厚さまで膨張する。このとき、加熱により粘性が低下して流動化した第 3 層である B P S G 等の絶縁膜 4 は、膨張層 3 の膨張により圧縮され、図 5 （ a ）のように絶縁膜 4 中のボイド 5 も縮小していく。そして、熱処理の最終段階では、図 5 （ b ）のように膨張層 3 の膨張によりボイド 5 が完全に消滅する。

#### 【 0 0 3 3 】

また、この段階で、不純物を含む B P S G 等の絶縁膜 4 からの不純物が、酸化・膨張した膨張層 3 に拡散し、最終的には絶縁膜 4 と同様の層となり、ボイドフリーの層間絶縁膜として機能する。例えば、膨張層 3 がポリシリコン、絶縁膜 4 が B P S G 膜であるときは、ポリシリコンは酸化により酸化シリコンとなり、これに B P S G 膜からの不純物が拡散して最終的には P B S G 膜となる。

#### 【 0 0 3 4 】

このように、本発明の第 1 の実施の形態によれば、半導体基板 1 1 上の素子により形成された凹凸 1 の上に酸化防止層 2 を形成し、その上に膨張層 3 を形成し、その上に絶縁膜 4 を形成し、そしてこれらが形成された半導体基板 1 1 を高圧酸化雰囲気中で熱処理し、絶縁膜 4 を流動化させるとともに膨張層 3 を酸化、膨張させることにより、絶縁膜 4 の流動化を助勢するため絶縁膜 4 中に生じたボイド 5 （気泡）を完全に消滅させることができるという効果が得られる。この結果、装置の歩留まりを向上させることができる。

#### 【 0 0 3 5 】

流動効果のみを期待した従来のリフロー処理の場合、ボイドが小さくなるほど流体抵抗が増大するため、処理温度を上げるか、もしくは処理時間を長くする必要があった。しかし、本発明のように膨張層 3 を絶縁膜 4 の流動化を助勢するために用いた場合、熱処理の温度と時間は膨張層 3 の膨張量に依存するため、ボイド 5 が小さくなるほどボイド 5 を消滅させるための膨張層 3 の膨張量が少なくて済むことから、処理温度の低温化又は処理時間の短縮化を図ることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

次に本発明の第 2 の実施の形態による半導体装置の製造方法について説明する。本発明による第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法は、半導体基板 1 1 上の素子により形成された凹凸 1 の上に、酸化防止層を成膜する第 1 成膜工程と、膨張流動層を成膜する第 2 成膜工程と、これらが成膜された半導体基板 1 1 を熱処理し膨張流動層を膨張させる膨張工程とを含むものである。以下、各工程について説明する。

#### 【 0 0 3 7 】

図 6 は、本発明の第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法を適用する半導体装置の断面形状を示すものである。まず、図 6 （ a ）に示すように、半導体基板 1 1 上の素子により形成された凹凸 1 に、L P C V D により第 1 層として酸化防止層 2 を成膜する第 1 成膜工程を実施する。この酸化防止層 2 は第 1 の実施形態と同様のものである。

#### 【 0 0 3 8 】

次に、図 6 （ b ）に示すように、第 1 層である酸化防止層 2 の上に、第 2 層として L P C V D により、酸化雰囲気中で熱処理することで酸化して膨張、流動化し得るとともに絶縁性をもつ膨張流動層 6 を凹凸 1 が埋まる程度に成膜する第 2 成膜工程を実施する。このとき、同図に示すように、膨張流動層 6 の中にボイド 5 （気泡）を生じたり、図 6 （ c ）



のように凹凸 1 に対する膨張流動層 6 の埋め込みが不十分であると開気孔 7 を生じたりする。この膨張流動層 6 は、ボロン、リン、及びフッ素のうち少なくとも一種類を含有するポリシリコン（ドーパドポリシリコン）又はアモルファスシリコン（ドーパドアモルファスシリコン）からなるのが好ましい。また、膨張流動層 6 としては上記以外にも、酸化雰囲気中で酸化されて膨張するとともに流動化し、酸化により絶縁性をもつ全ての物質を採用することができる。

#### 【0 0 3 9】

次に、上記の第 1 層及び第 2 層が形成された半導体基板 1 1 に対して酸化雰囲気中で熱処理を行い、膨張流動層を膨張、流動化させる膨張工程を実施する。膨張工程では、第 1 の実施形態と同様に、酸化雰囲気において大気圧（約 0. 1 MP a）以上の圧力条件下、及び 4 0 0 ℃～8 0 0 ℃の加熱条件下で熱処理を行うことが好ましい。この熱処理により、第 2 層として成膜した膨張流動層 6 は高圧酸化雰囲気により酸化され、膨張流動層 6 がドーパドポリシリコン又はドーパドアモルファスシリコンであるときは、リン、ボロン等を含んだ酸化シリコン（BSG、PSG、BPSG 等）に変化する。膨張流動層 6 は、この酸化過程において膨張するとともに、熱処理により粘性が低下して流動化する。このとき、膨張流動層 6 は最大で 2 倍程度まで膨張する。

#### 【0 0 4 0】

これにより、膨張流動層 6 中のボイド 5 は圧縮されて図 7（a）のように縮小していき、熱処理の最終段階では図 7（b）のように完全に消滅する。また、開気孔 7 を生じている場合でも、膨張流動層 6 が熱処理により膨張、流動化することにより、図 8（a）のように開気孔 7 はその表面が平坦化された後、図 8（b）のようにボイド 8 に遷移していく。そして、その後は図 7（a）と同様に圧縮されて縮小し、最終的には図 7（b）と同様に完全に埋め込まれ、ボイド 8 は消滅する。

#### 【0 0 4 1】

このように、本発明の第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法によれば、半導体基板 1 1 上の素子により形成された凹凸 1 の上に酸化防止層 1 を成膜し、その上に膨張流動層 6 を成膜し、そしてこれらが成膜された半導体装置を高圧酸化雰囲気中で熱処理し、膨張流動層 6 を膨張させるとともに流動化させることにより、膨張流動層 6 中に発生したボイド 5（気泡）を完全に消滅させることができるという効果が得られる。また、凹凸 1 に対する膨張流動層 6 の埋め込みが不十分であるために開気孔 7 が生じた場合でも、膨張および流動化の効果により開気孔 7 の埋め込みが行われるため、開気孔 7 を消滅させることができるという効果が得られる。この結果、装置の歩留まりを向上させることができる。

#### 【0 0 4 2】

また、膨張流動層 6 を膨張、流動させた場合、第 1 の実施形態と同様に、熱処理の温度および時間は膨張流動層 6 の膨張量に依存するため、ボイド 5 が小さくなるほどボイド 5 を消滅させるための膨張層の膨張量が少なくて済むことから、同様に処理温度の低温化又は処理時間の短縮化を図ることができる。

#### 【0 0 4 3】

なお、本発明は上述した実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加え得ることは勿論である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0 0 4 4】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態による半導体装置の製造方法を適用した半導体装置の断面形状を示す図である。

【図 2】 ポリシリコン及び単結晶シリコンの酸化膜圧の処理時間依存性を示す図である。

【図 3】 単結晶シリコンの酸化膜圧の処理温度依存性を示す図である。

【図 4】 単結晶シリコンの酸化膜圧の処理圧力依存性を示す図である。

【図 5】 本発明の第 1 の実施形態による半導体装置の製造方法により絶縁膜中のボイドを消滅させる様子を示す図である。

【図 6】 本発明の第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法を適用した半導体装置の断面形状を示す図である。

【図 7】 本発明の第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法により膨張流動層中のボイドを消滅させる様子を示す図である。

【図 8】 本発明の第 2 の実施形態による半導体装置の製造方法により膨張流動層の開気孔を消滅させる様子を示す図である。

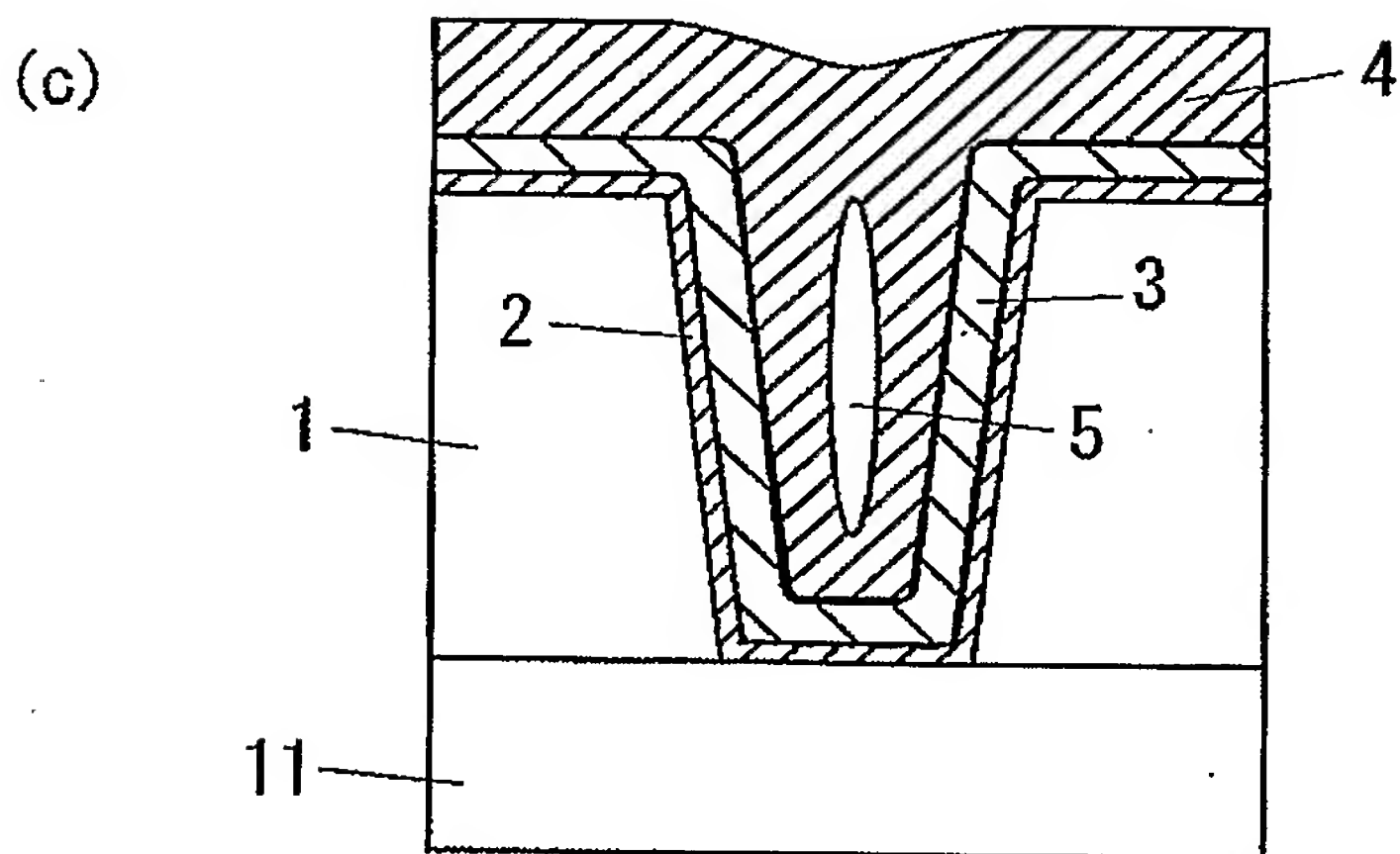
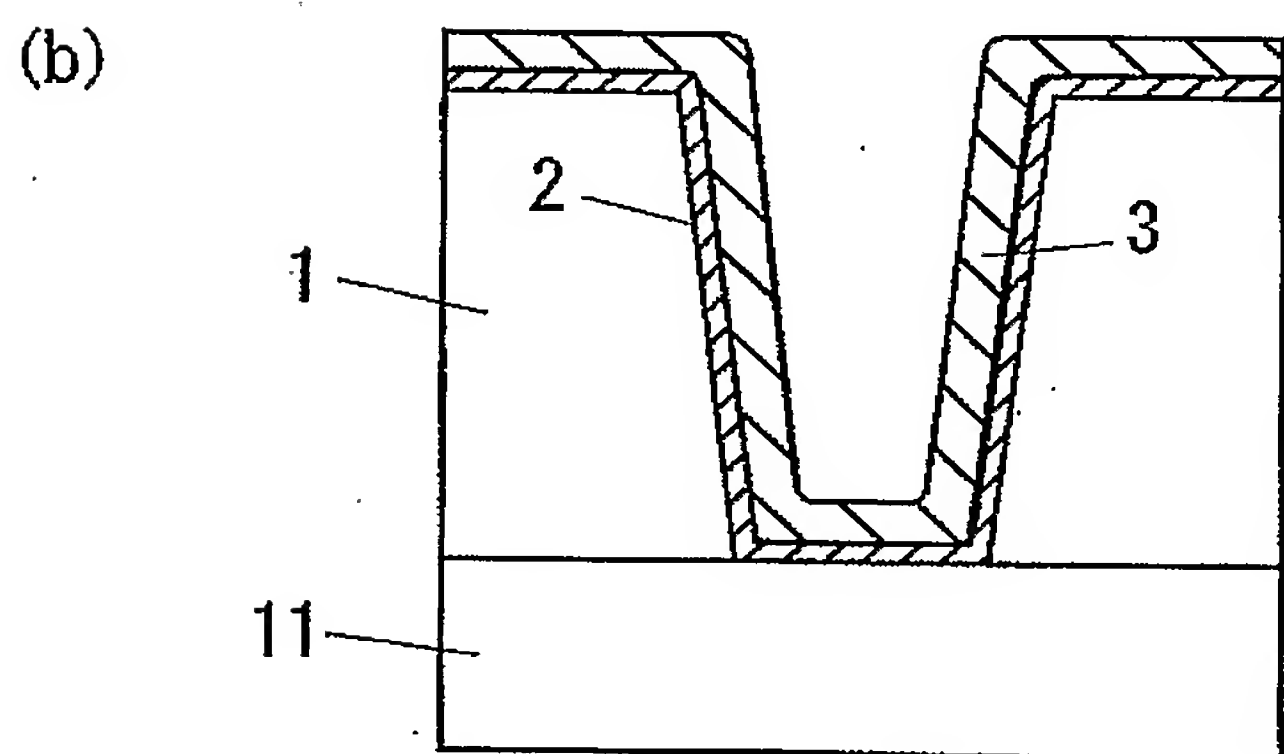
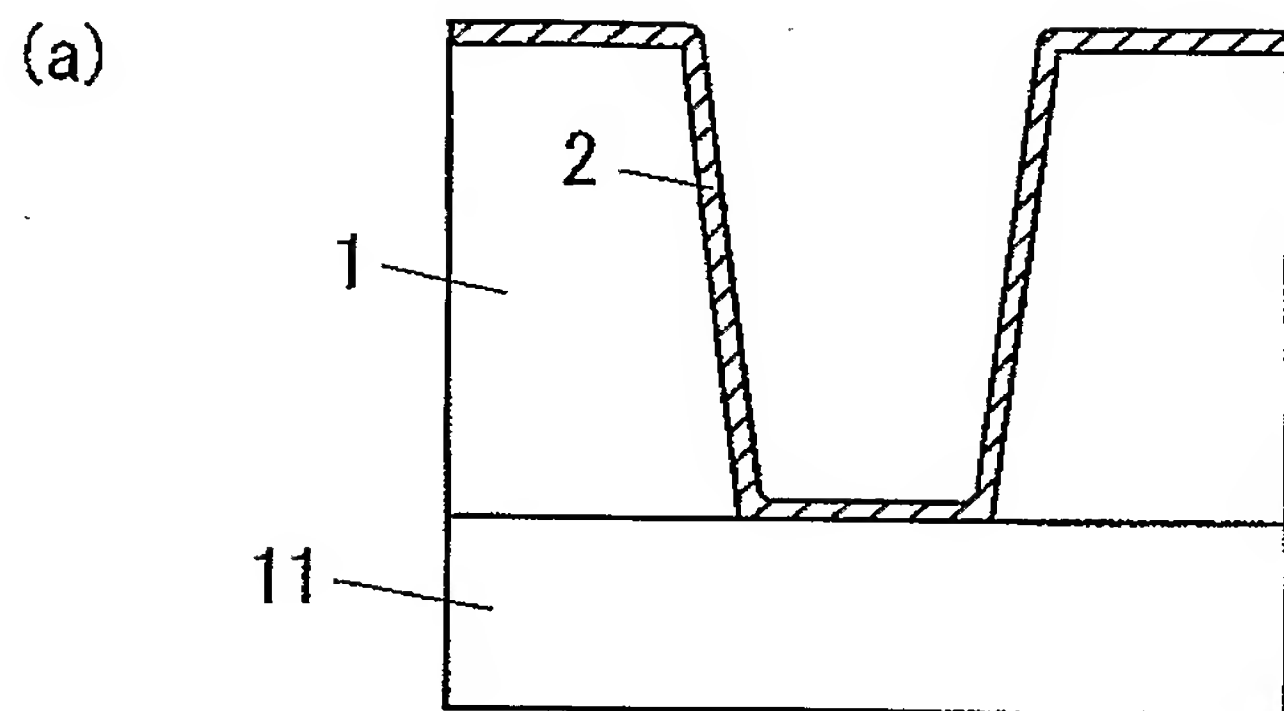
【図 9】 半導体基板上に成膜された絶縁膜中のボイド及び開気孔を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

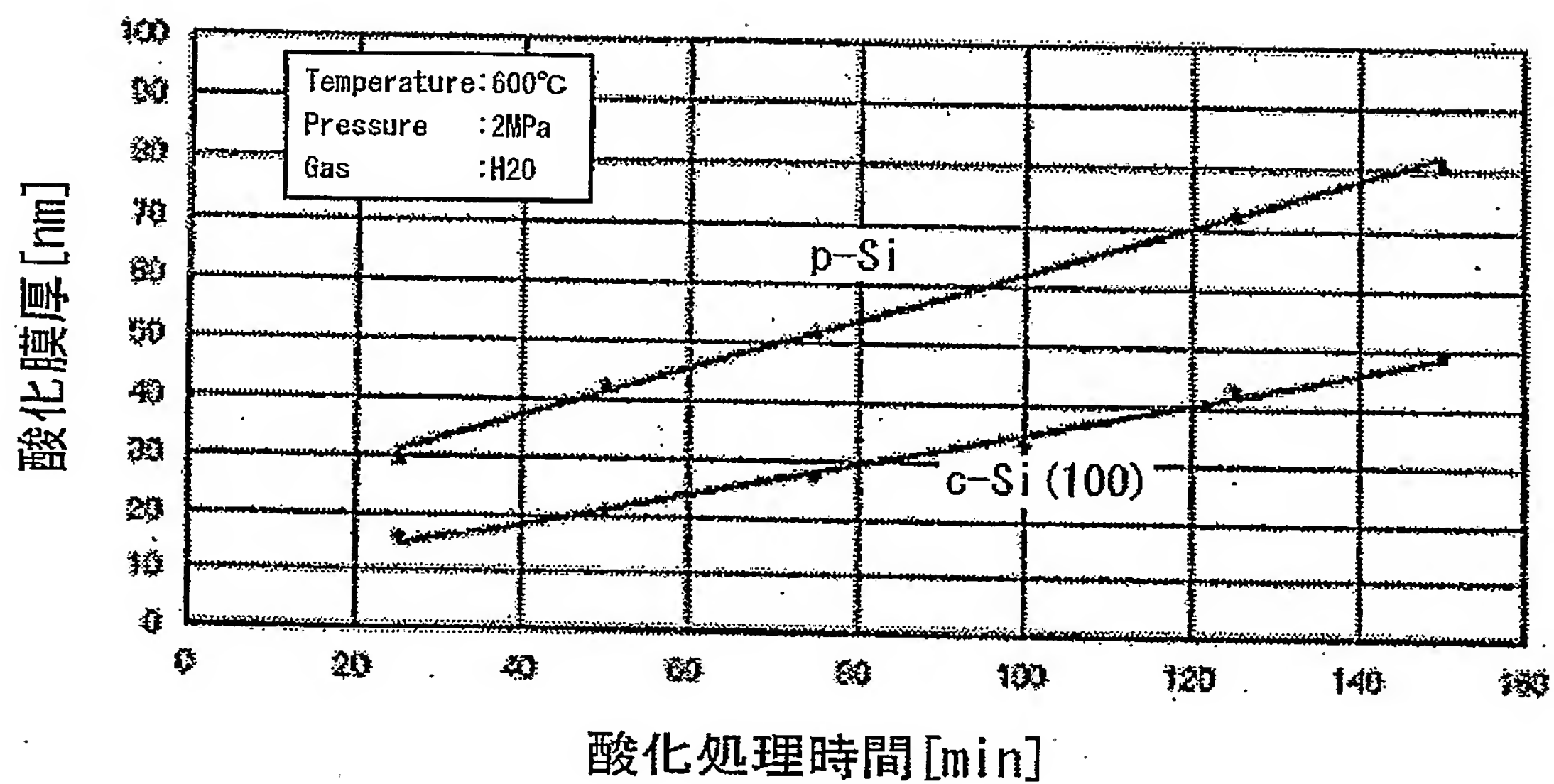
- 1 凹凸（トレンチ）
- 2 酸化防止層
- 3 膨張層
- 4 絶縁膜
- 5 ボイド（気泡）
- 6 膨張流動層
- 7 開気孔
- 8 ボイド
- 1 1 半導体基板

【書類名】 図面  
【図 1】

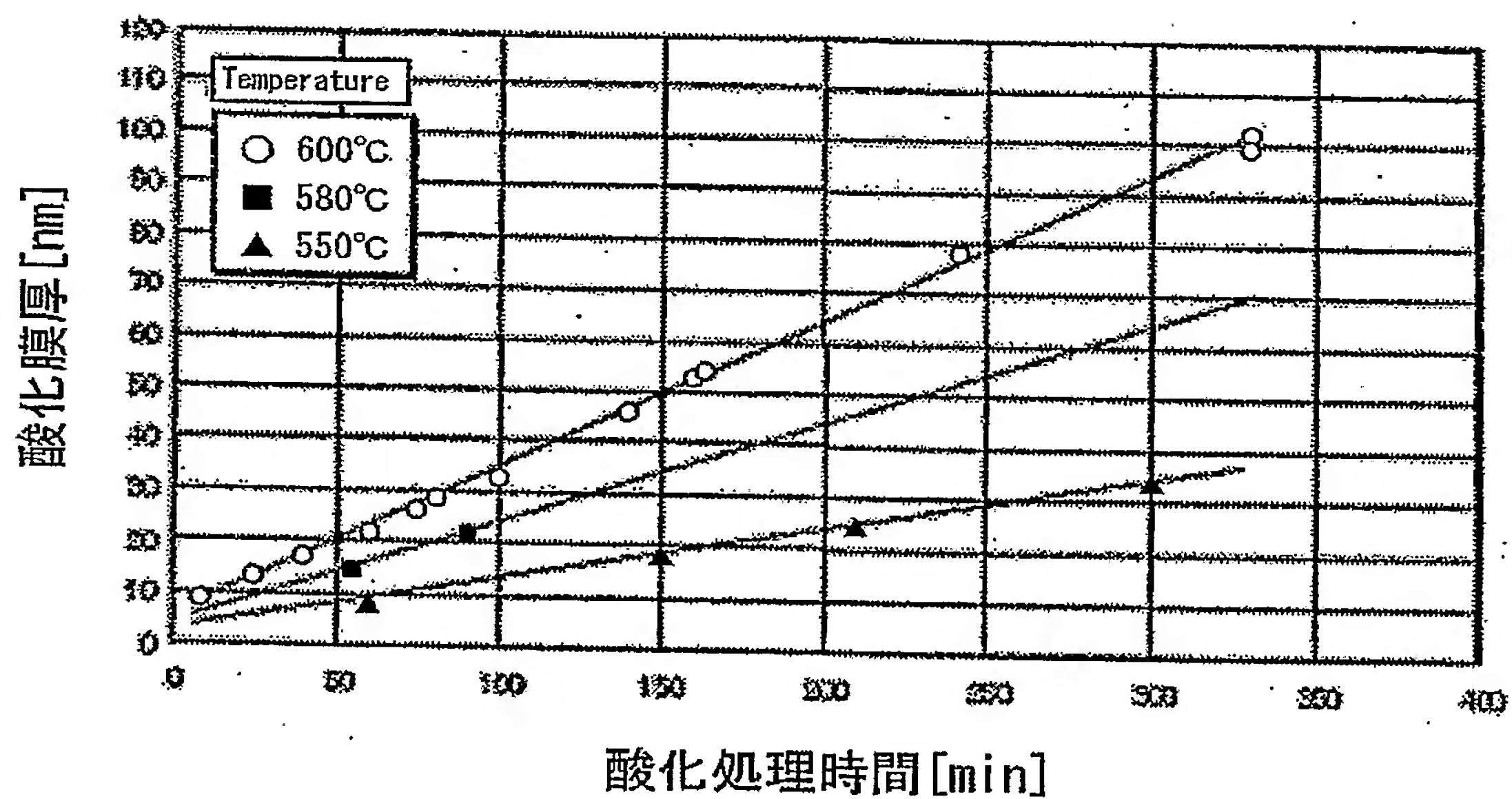




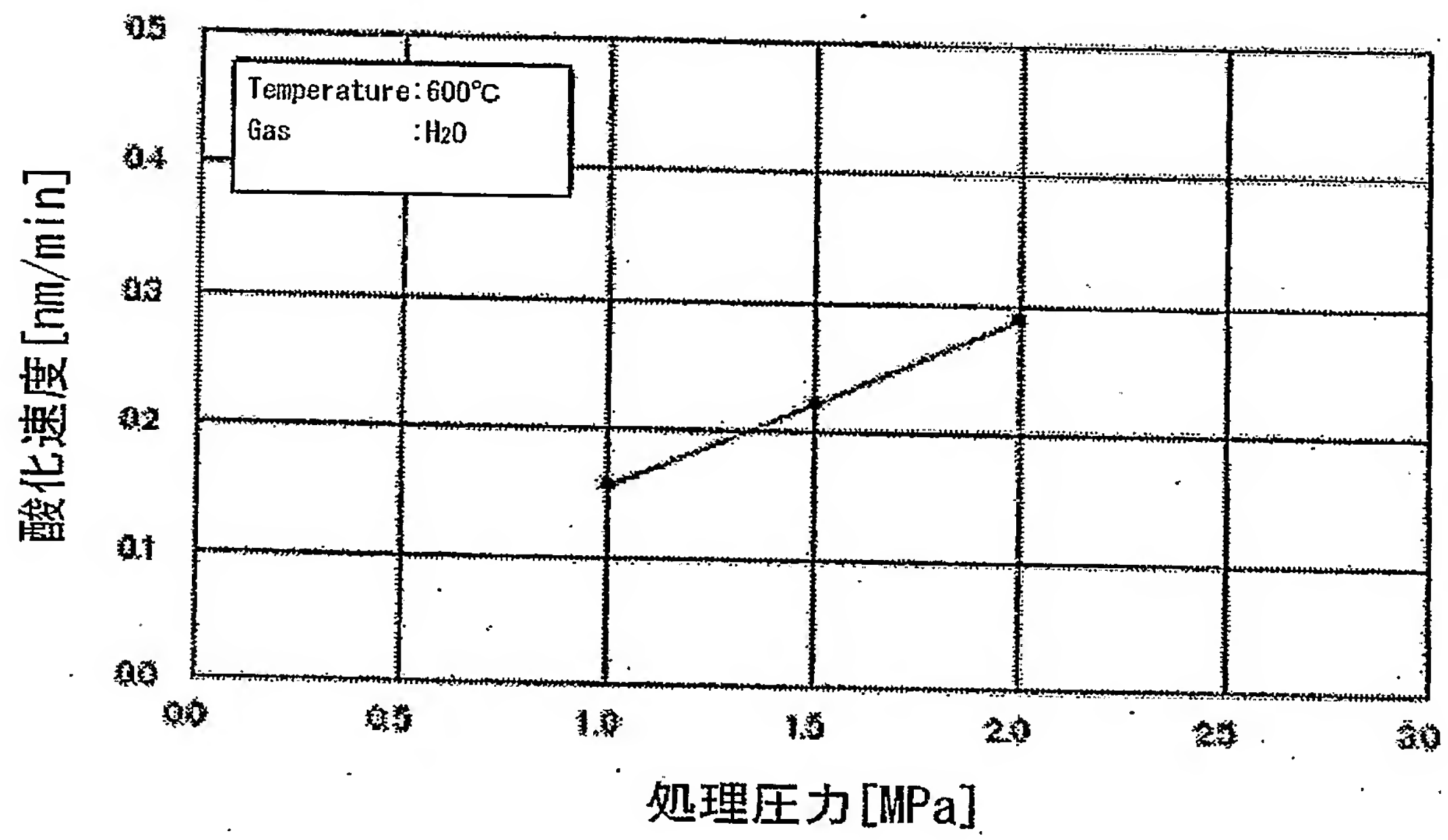
【図 2】



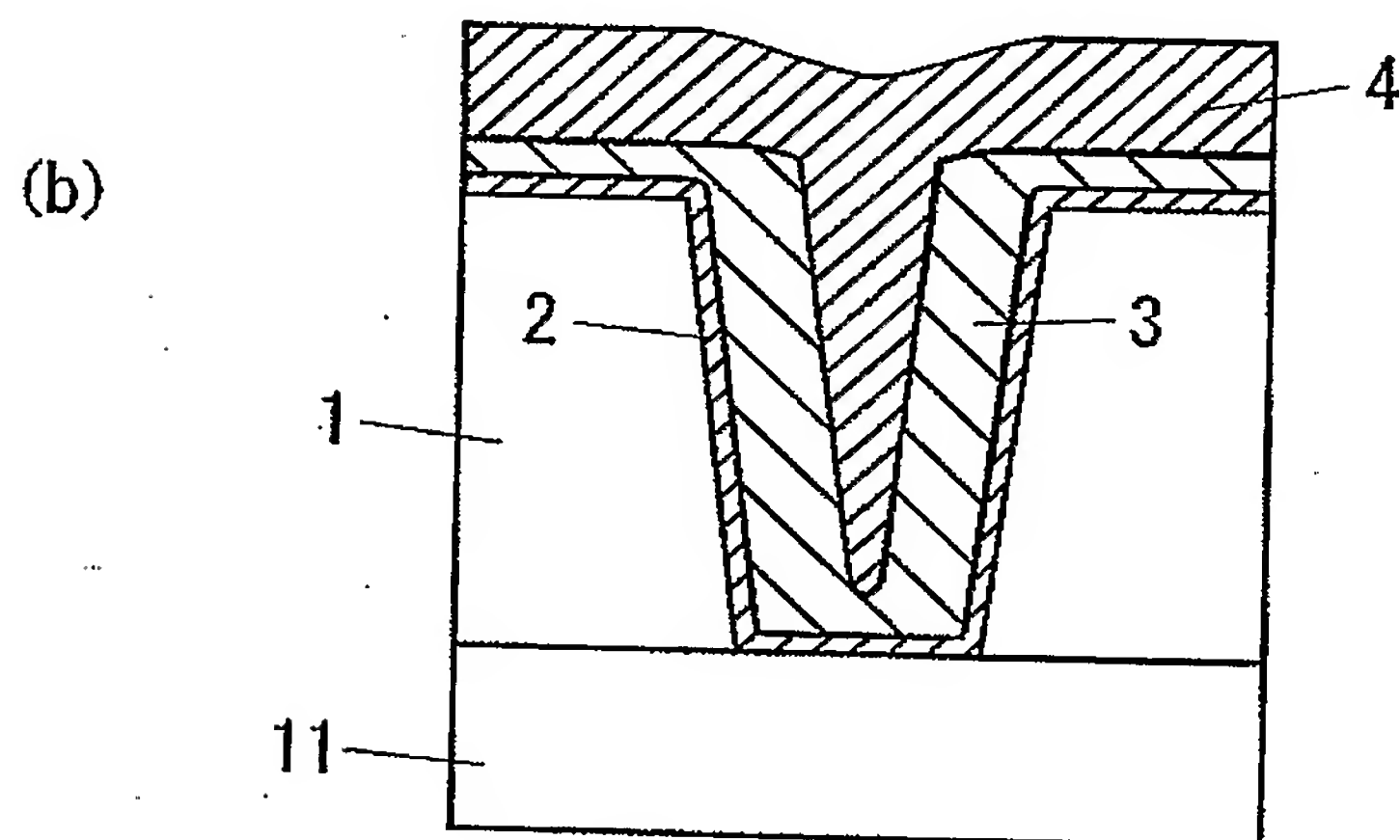
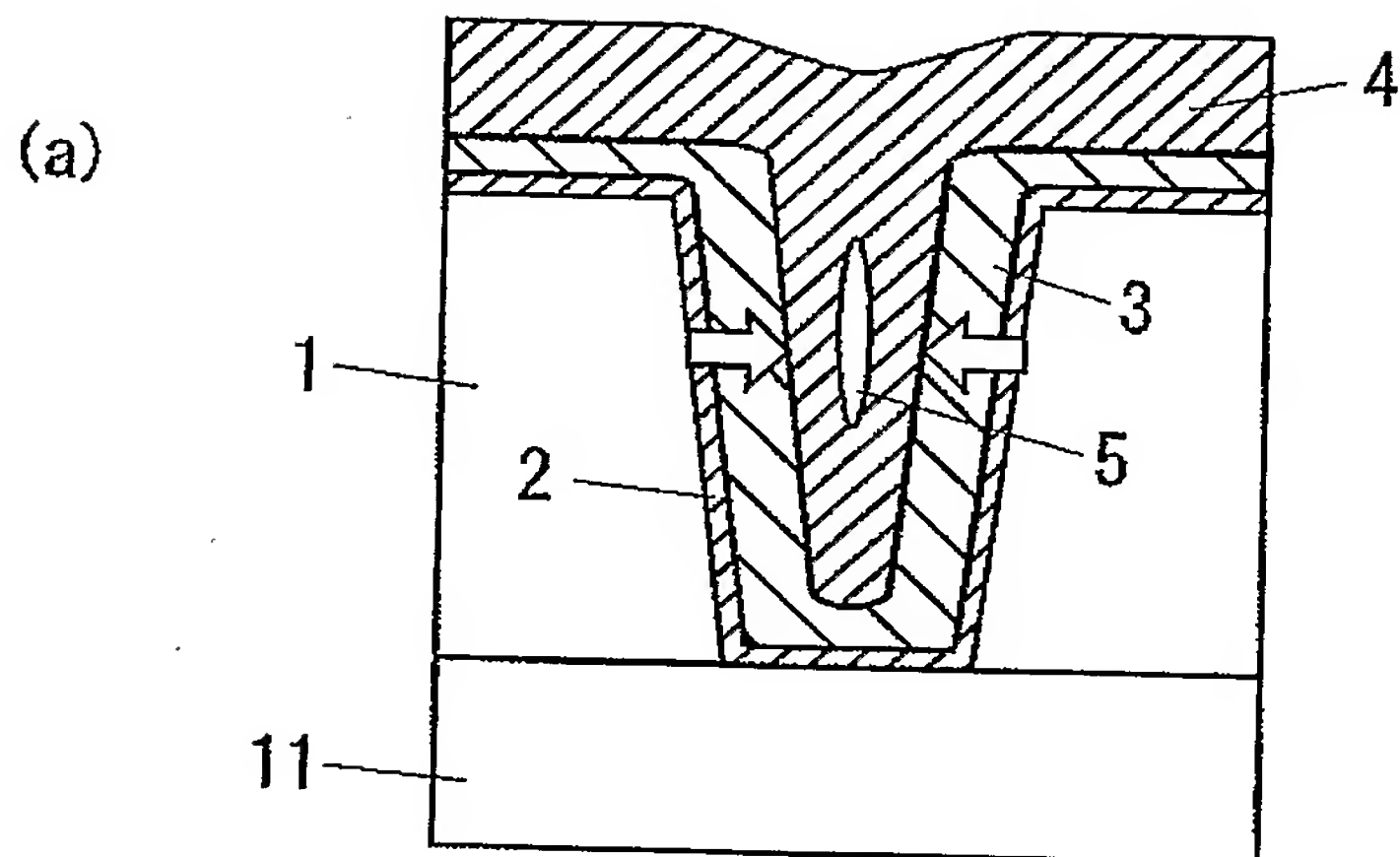
【図 3】



【図 4】



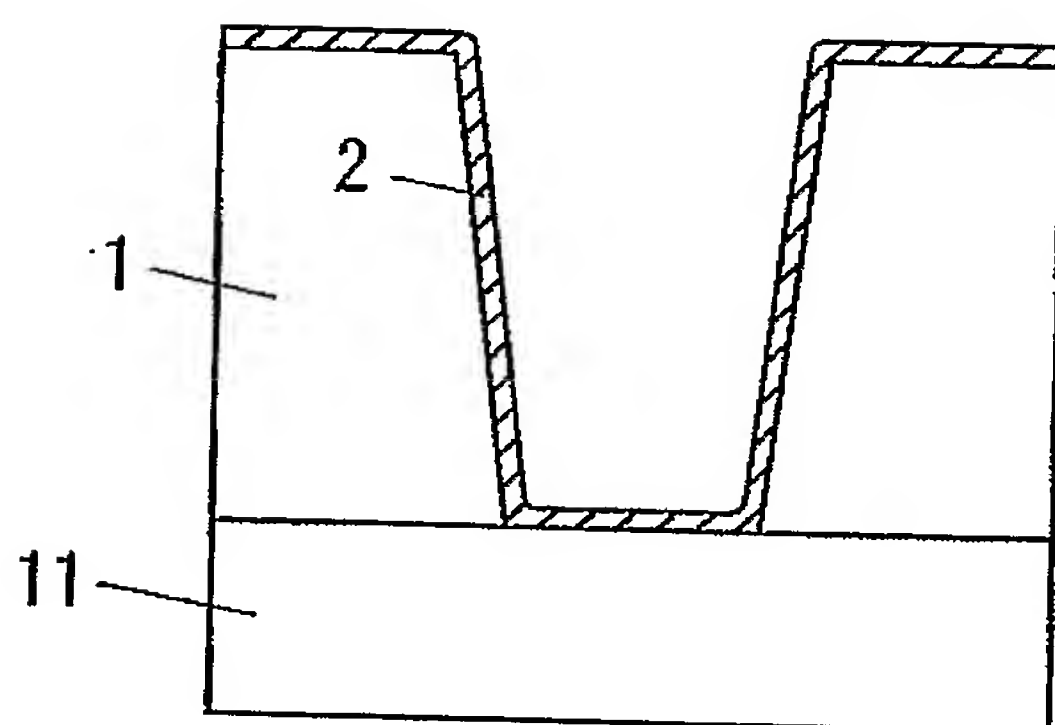
【図 5】



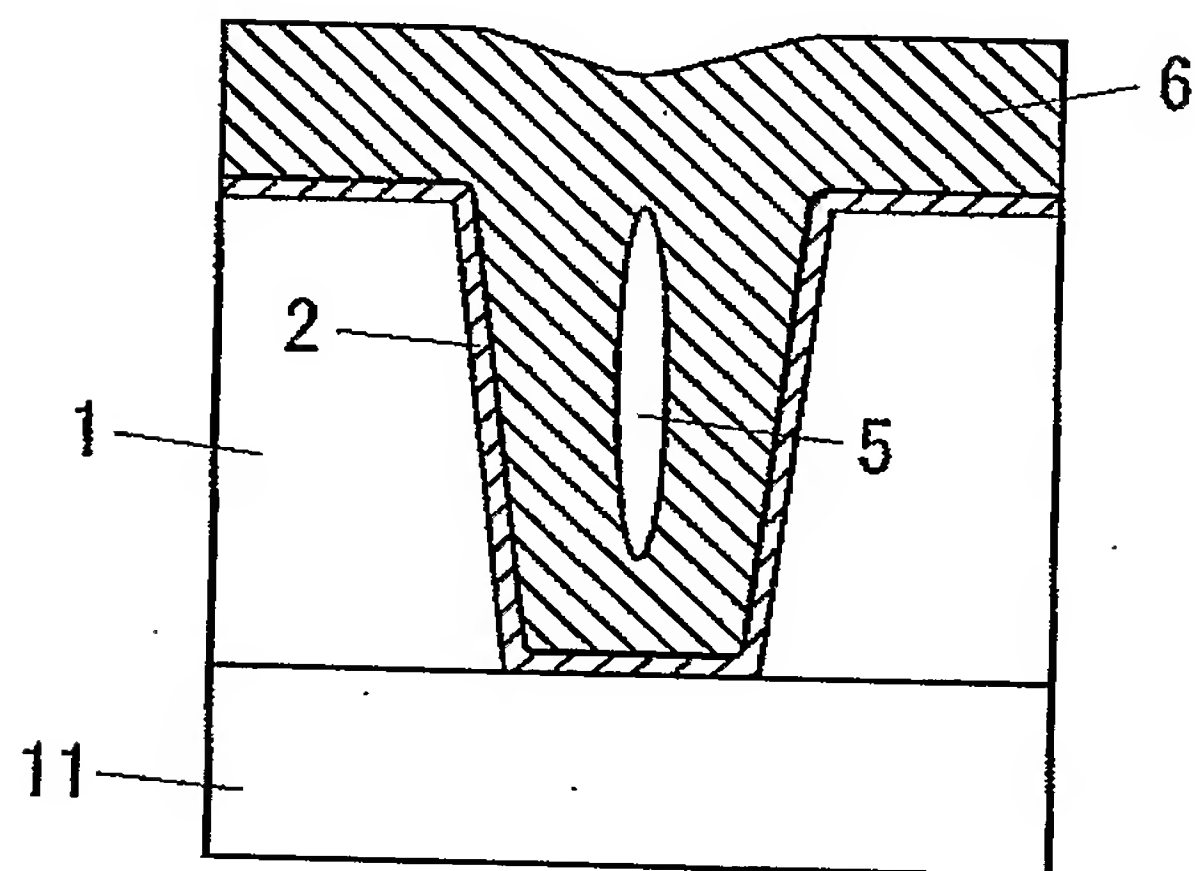


【図 6】

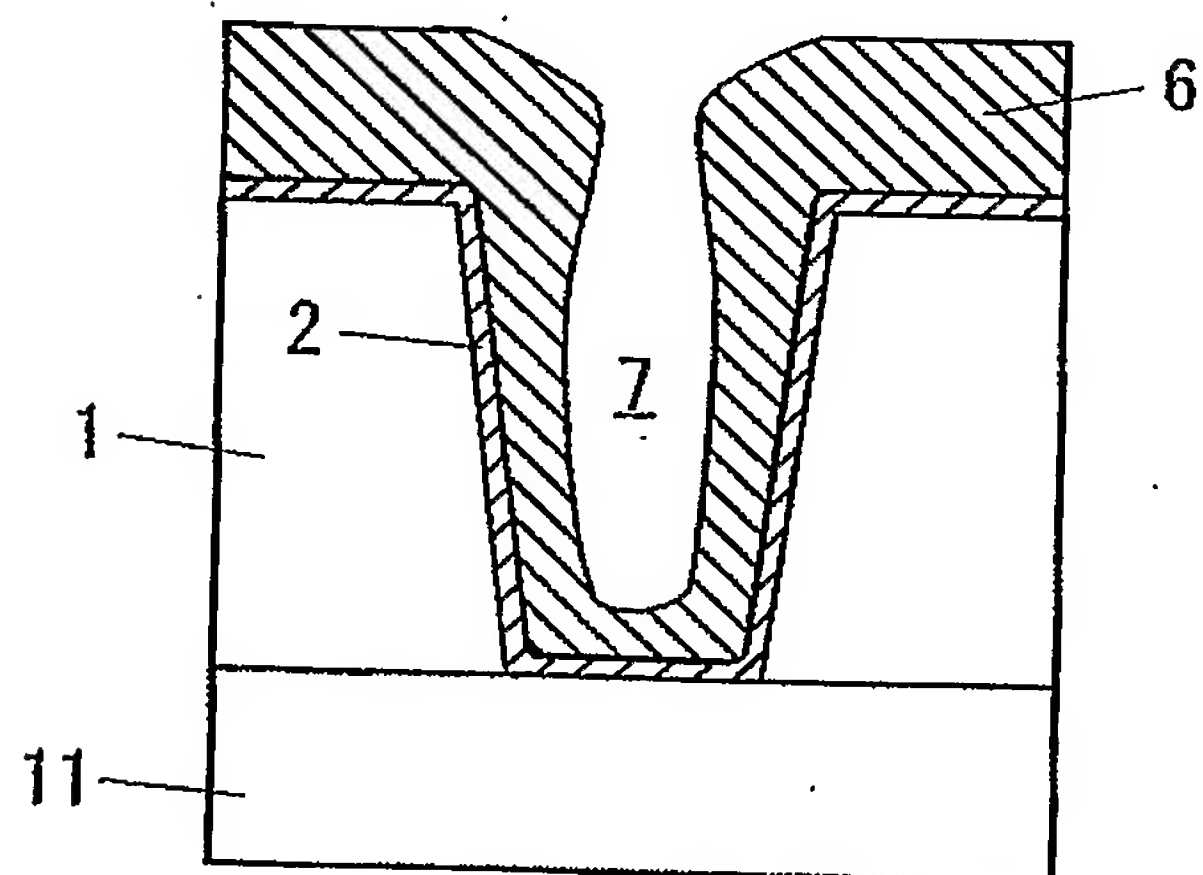
(a)



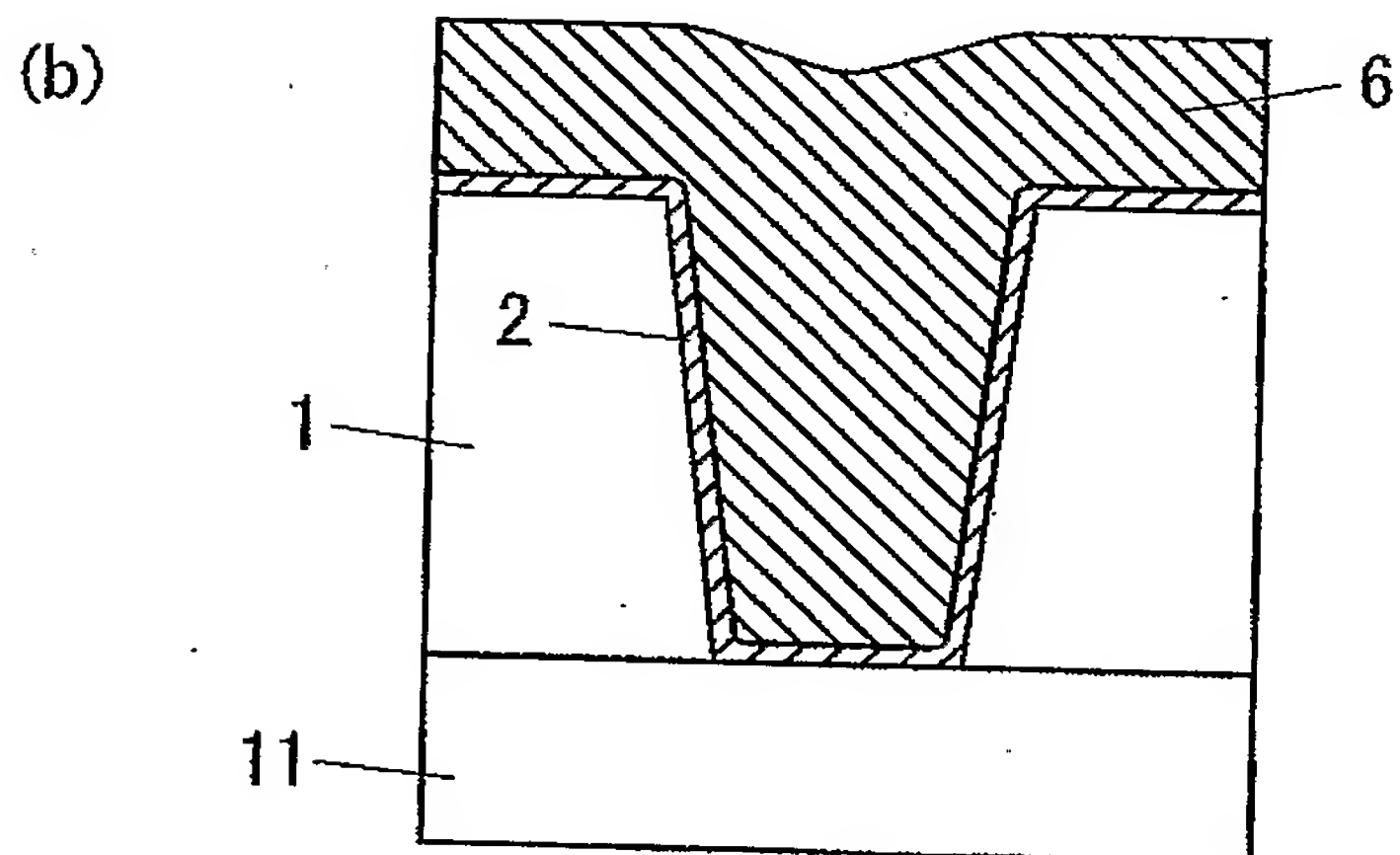
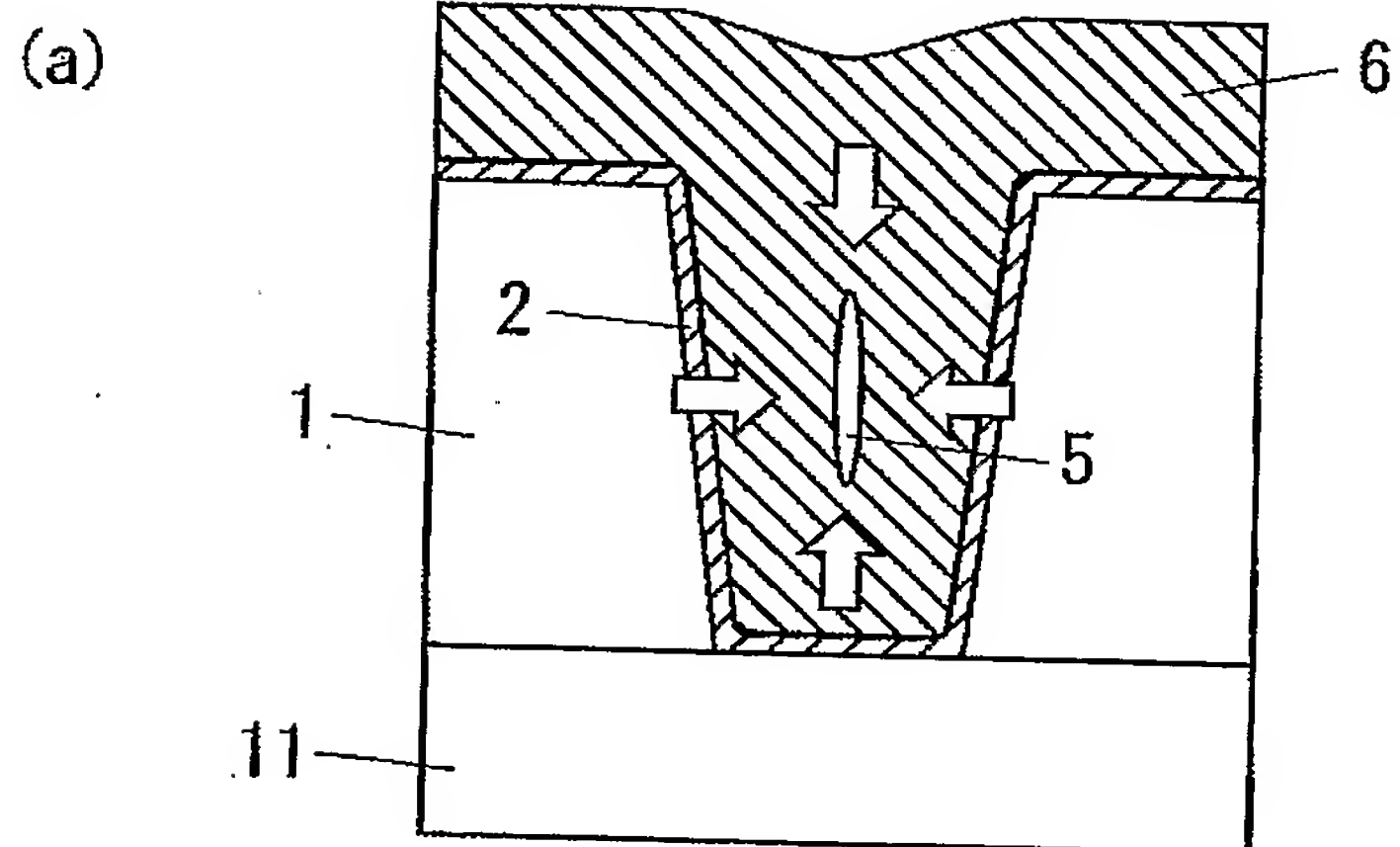
(b)



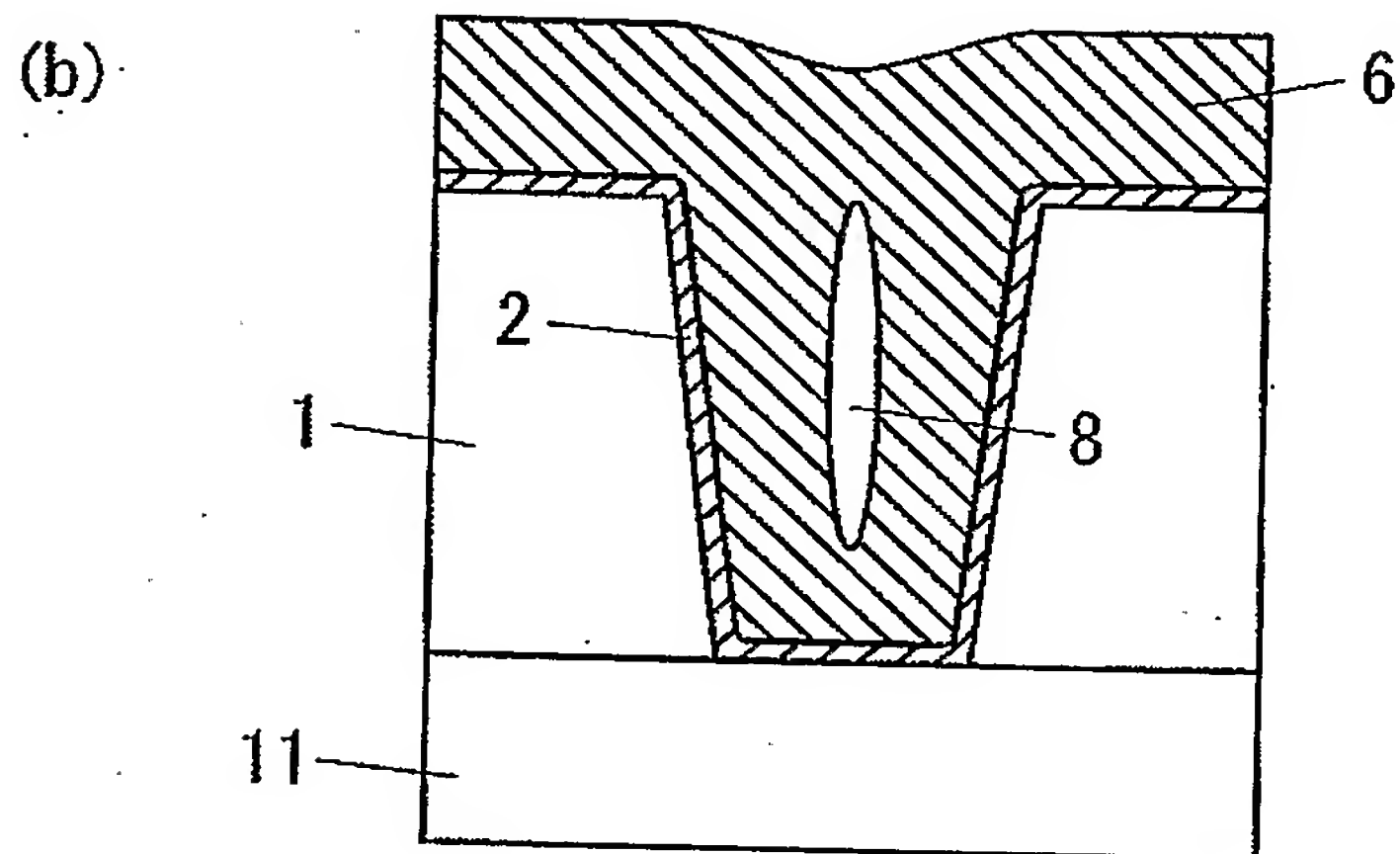
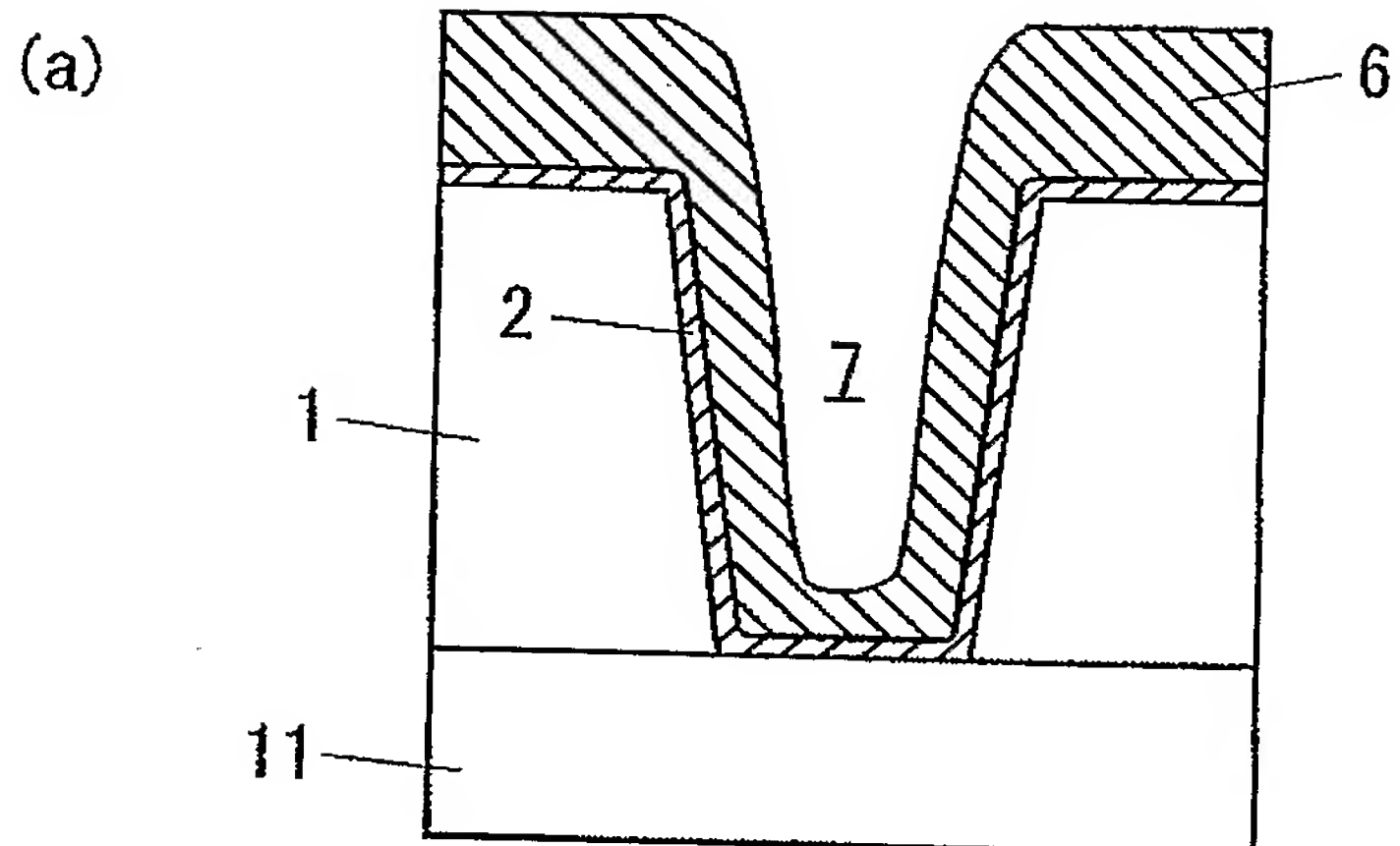
(c)



【図 7】



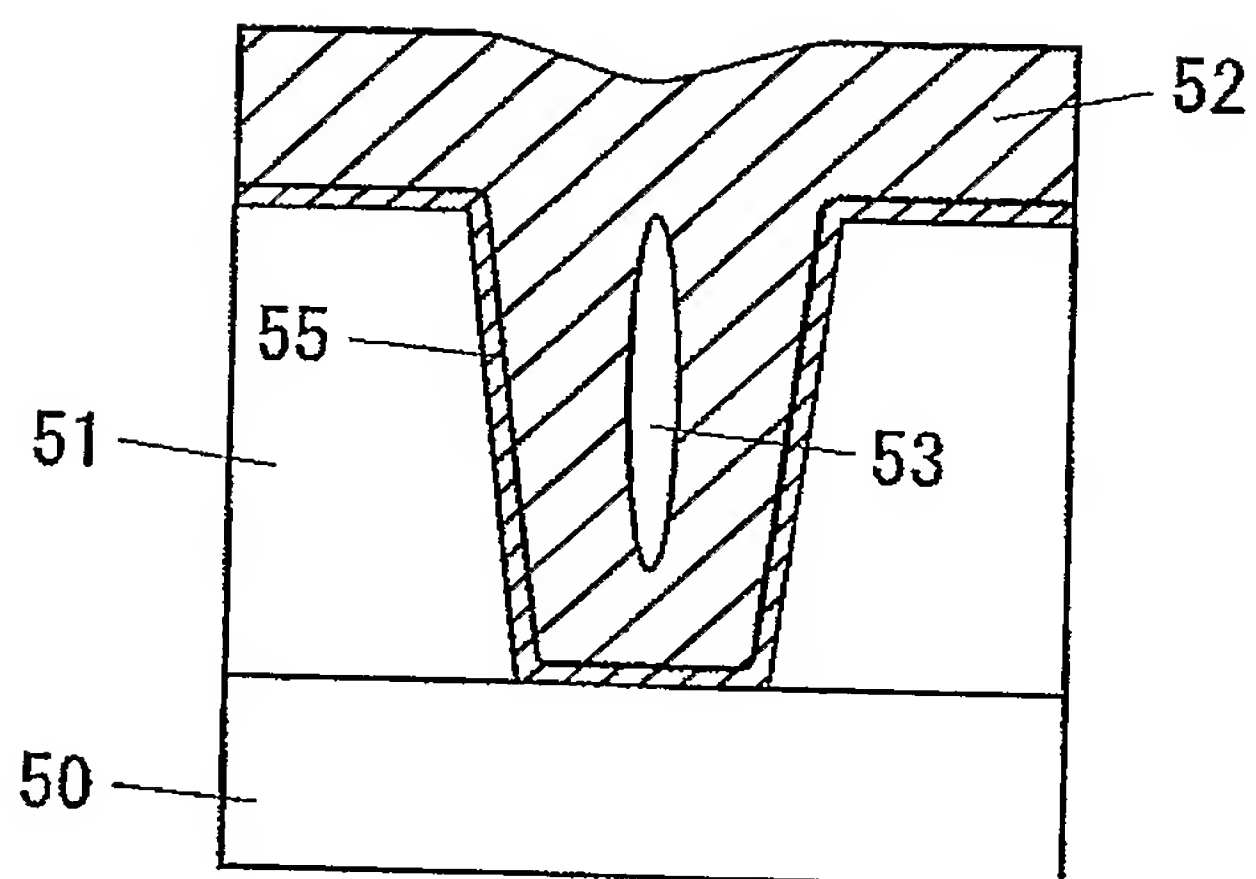
【図 8】



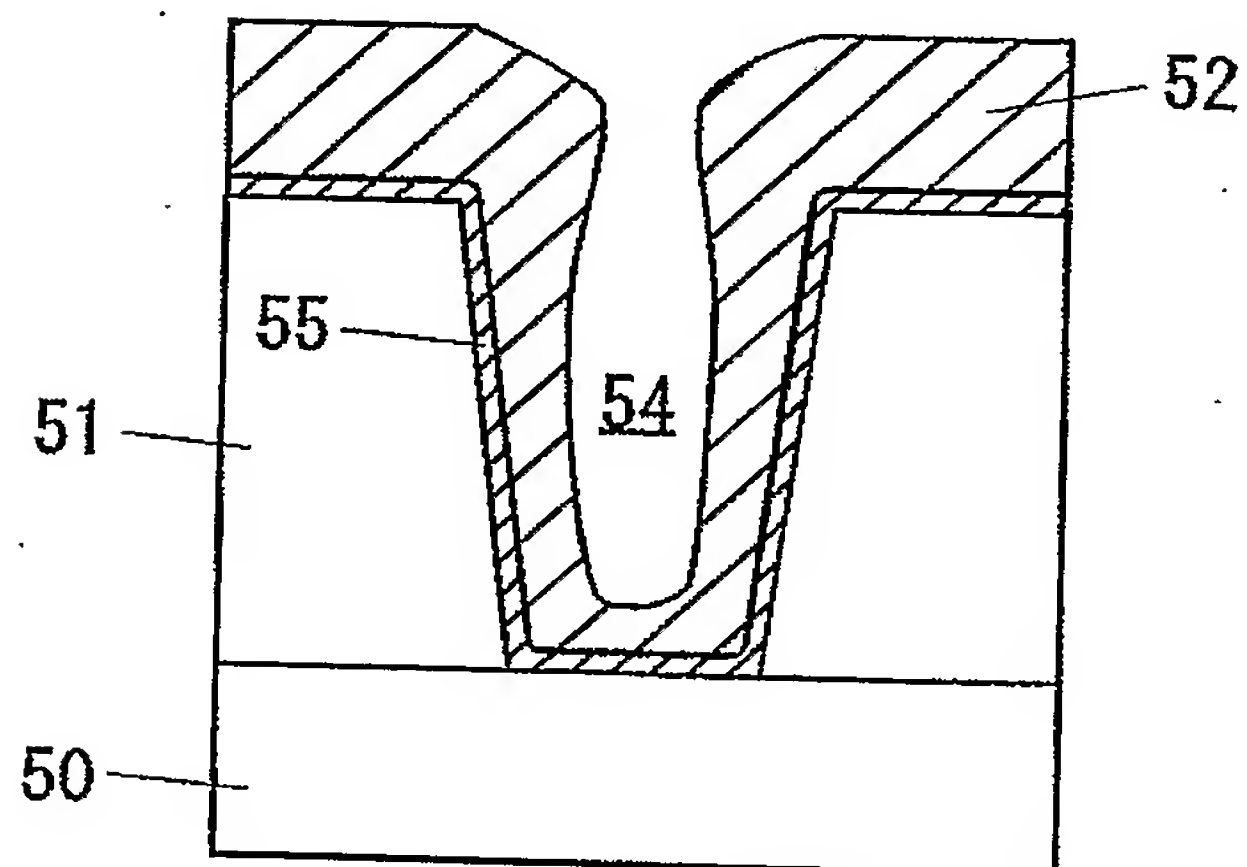


【図 9】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりも低い熱処理温度で、かつ、完全に層間絶縁膜のボイドを消滅させることができ、さらに、層間絶縁膜に生じた開気孔を埋め込むことができる半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板 1 1 上の素子により形成された凹凸 1 の上に、素子への水分の浸入を防止する酸化防止層 2 を成膜する第 1 成膜工程と、この酸化防止層 2 の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより酸化して膨張し得る膨張層 3 を成膜する第 2 成膜工程と、この膨張層 3 の上に、酸化雰囲気中で熱処理することにより流動化し得る絶縁膜 4 を成膜する第 3 成膜工程と、酸化防止層 2、膨張層 3 及び絶縁膜 4 が成膜された前記半導体基板 1 1 を酸化雰囲気中で熱処理し、絶縁膜 4 を流動化させるとともに膨張層 3 を酸化させて膨張させることにより、絶縁膜 4 中に生じた気泡 5 を消滅させる膨張工程とを含むものである。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 4 - 0 7 3 6 7 5

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 0 9 9 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 7 日

新規登録

住 所

東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号

氏 名

石川島播磨重工業株式会社